

長崎市内高校生，成人による“aerobics”の エネルギー代謝率(RMR)，運動強度及び活動代謝(Ea)

田原 靖昭¹・菅原 正志¹・今中 国泰¹

田井村明博¹・山内 正毅²・浦 啓二郎³

(昭和60年10月29日受理)

Relative Metabolic Rate (RMR), Work Intensity and Energy Activity (Ea) of Aerobics of Senior High School Students and Adults in Nagasaki

Yasuaki TAHARA, Masashi SUGAHARA, Kuniyasu IMANAKA

Akihiro TAIMURA, Masaki YAMAUCHI and Keiji URA

Abstract

The purpose of the present investigation was to determine RMR, work intensity and Ea of various physical activities of healthy senior high school students and adults in Nagasaki. RMR was computed from energy expenditure during exercise and recovery period: 1) 15 min-run, indoor circuit training, outdoor circuit training (13 activities), aerobic dancing and 13 activities for senior high school students, 2) stepping up and down on a bench, bicycle pedaling, sit-ups, chest stretch, squat thrust (Burpee test), push ups and seven activities for male and female adults.

The expired air was collected in Douglas bags during exercise and recovery. Fractions of O_2 and CO_2 were analyzed with San-ei gas analyzer (1 E 21). Heart rate (HR) was measured with ECG (NIHON KODEN RM-5).

Mean RMR obtained was 8.0 for 15 min-run, 5.9 for indoor circuit training, 7.8 for outdoor circuit training and 5.9 for aerobic dancing for students. RMR for male adults was 7.1 (female: 7.0) for stepping up and down, 4.5 (female: 10.6) for bicycle pedaling, 16.6 (female: 16.3) squat thrust, and 5.1 (female: 4.5) for sit-ups.

Mean heart rates (HR) for three female students, during aerobic dancing, were respectively 150.9, 154.5 and 189.8 beats per minute (bpm) and those of 15 min-run for three male students were 176.0, 185.4 and 186.8 bpm. Work intensity ($\% \dot{V}O_2 \text{ max.}$) was 49–57 $\% \dot{V}O_2 \text{ max.}$ for 15 min-run, 38–45 $\% \dot{V}O_2 \text{ max.}$ for outdoor circuit training for male students.

Mean Ea (kcal/kg/min) for students was 0.169 for 15 min-run, 0.147 for outdoor circuit training, 0.131 for indoor circuit training, 0.120 for aerobic dancing, and for adults 0.133 (female: 0.132) for stepping up and down, 0.092 (female: 0.191) for pedaling.

1: 長崎大学教養部保健体育学教室

2: 長崎大学教育学部保健体育学教室

3: 長崎県立北陽台高校保健体育科教諭 (現: 長崎県教育委員会体育保健課指導主事)

I 目 的

本研究の主たる目的は各種身体活動の運動強度特にエネルギー代謝率 (RMR) の測定にある。最近の国民の体力低下や、半健康人、成人病の増加は多くの資料で報告されている。¹⁾ 肥満、心疾患、高血圧症、糖尿病等の成人病の増加はいわゆる先進国共通の課題であり、その原因の一つに運動不足が考えられている。これらの成人病には、運動の効果が明らかになるにつれて、世はまさに運動ブームである。

健康にプラスする身体活動は、ジョギング、エアロビック・ダンス、テニス、水泳などに代表され、いわゆる有酸素的運動と呼ばれ、エネルギーの供給に酸素が存在する運動で、このような全身運動をエアロビック・エクササイズ (クーパーは *aerobics* と呼ぶ) と言われている。この“*aerobics*”ブームは子どもから、中高年齢者まで国民を広く包含し、最新の体力医学、健康科学を駆使したスポーツ産業、健康産業の隆盛がそれを物語っている。²⁾

身体活動 (運動) のトレーニング効果を得るためには、正しい運動処方 (*prescribing exercise*) が必要であり、そのためのいくつかの条件が必要である。Pollock, Wilmore & Fox III³⁾ は彼らの著書の中で5つの条件を示している。つまり、1) 運動の種類 (*type or mode of activity*)、2) 実施頻度 (*frequency of participation*)、3) 実施時間 (*duration of participation*)、4) 実施強度 (*intensity of participation*)、5) 最初の体力レベル (*initial level of fitness*) である。しかし当然これらの5つの条件は相互に関連していることを忘れてはならない。⁴⁾

本研究は、長崎市内の高校生と、長崎市民体育館に来る成人を対象として実施されている *aerobics* (主として15分走、サーキット・トレーニング、*aerobic dancing*) の運動強度を明らかにし、正しい運動処方、指導の資料を得るために実施したものである。

運動強度の指標としてはいくつかあるが中でも、重さ、速さ、心拍数 (Heart Rate, HR, % HR max.), 酸素摂取量 ($\text{O}_2 \text{ l/min}$, $\text{O}_2 \text{ ml/kg/min}$, kcal/min , % $\dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$) などがあり、この酸素摂取量 (又は、消費エネルギー) から算出されるエネルギー代謝率 (Relative Metabolic Rate, RMR) などが使用されてきた。各種労作の RMR は、労働科学研究所の沼尻ら^{5,6,7)} によって数多く報告され、集大成された。一方、各種の運動 (身体活動、スポーツ) については山岡ら^{8,9,10,11,12,13,14)}、長嶺ら¹⁵⁾ によって報告された。

沼尻¹⁶⁾ はエネルギー代謝と心拍数との関係について review し、RMR 7—8 程度までは心拍数と直線関係が成り立つことを報告した。 $\text{\AA}strand \& Rhyning$,¹⁷⁾ $\text{\AA}strand$ ら¹⁸⁾、 $\text{\AA}strand \& Rodahl$ ¹⁹⁾ は心拍数と最大酸素摂取量のパーセンテージの関係 ($\text{HR} - \% \dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$) がほぼ直線関係にあることを報告し、広く世界の運動生理学の分野で応用されている。 $\text{HR} - \% \dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$ の考え方は、日本人について猪飼と山地²⁰⁾ によって確められ、心拍数を運動処方の指標として採用することも可能であると報告した。さらに、朝比奈ら²¹⁾ は、作業強度の生理的指標として心拍数と $\dot{\text{V}}\text{O}_2/\dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$ との関係 ($\text{HR} - \% \dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$) の使用の妥当性を示す一方、HR を使用するなら $\text{HR}/\text{HR max.}$ の方が合理的判断が出来るであろうと報告している。以上のことから HR と $\dot{\text{V}}\text{O}_2/\dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$ の関係 ($\text{HR} - \% \dot{\text{V}}\text{O}_2 \text{ max.}$) は運動強度の指標として認められていると言える。RMR については日本国内のみで使用されているが、その妥当性については沼尻ら^{5,6,7)} により報告されている。

今回測定した長崎県立北陽台高校では、生涯体育の基盤として高校生に心肺機能の向上の必要性を認識し、学校創立時 (1979 年) より正課の授業にとり入れ、“*aerobics* (エアロビックス)” と称し、主として15分走、13種目複合のサーキット・トレーニング、エアロビック・ダンスを実施している。一方、長崎市民体育館では、長崎市民の健康増進、体力の向上

のための“体力づくり”を実施している。その処方されている運動種目(男9種, 女9種)のRMR等をほぼ北陽台高校と同様の方法で測定し, その資料はすでに高校, 市民会館に報告した。

なお本論文では高校生の“aerobics”と市民会館の“体力づくり”のサーキットを合せて“aerobics”と呼ぶことにする。

II 方 法

A. 長崎県立北陽台高校の aerobics の測定

1. 測定項目と方法

① 測定項目

- 1) 身長, 体重, 皮脂厚(栄研式), 心拍数(HR), 酸素摂取量(文中ではエネルギー代謝量, エネルギー消費量とも呼称する), 換気量等を長崎県立北陽台高校にて種目ごとに測定。1980年11月15日実施。主としてグラウンド及び体育館。
- 2) トレッドミル走による運動負荷テスト; $\dot{V}O_2 \max.$ の測定, 心拍数(HR), 呼吸数(RR), 酸素摂取量($\dot{V}O_2$), 換気量等を長崎大学教養部体育実験室にて測定。1981年3月25日実施。

② 方 法

- 1) Douglas bag 法により, 30分間座位安静後10分間の座位安静時のHRと酸素摂取量($\dot{V}O_2$)を2本サンプリングし, 2本の平均値で安静時の代謝量($\dot{V}O_2$)とした。
- 2) 各種目ごとの身体活動時と回復期のHR, $\dot{V}O_2$ の測定をDouglas bag法で行った。回復期の採気時間は15分走で16分, 室内サーキットで15分, 室外サーキットで20分間とし, 他の種目では5分間とした。各運動時の採気時間は表2に十印で示す通り, 短時間(ほぼ20秒以内)で終了する種目は2回又は3回連続採気し, その実施回数で除して平均運動時間とした。表2のRMR値は実施した3人の被験者の平均値で示した。
- 3) トレッドミル走によるHR, $\dot{V}O_2$ の測定は図1のような傾斜0度(平地)で, スピードの漸増負荷法を使用した。

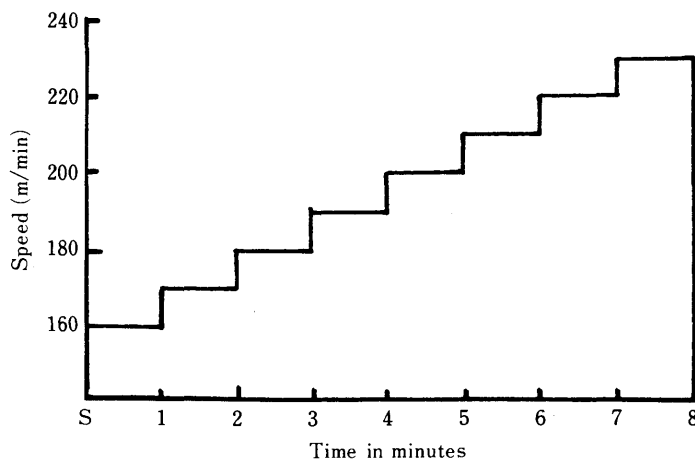


Fig. 1. The work stimulus on the treadmill.

4) 心拍数(HR), 呼気ガスの分析

HRは日本光電テレメーターシステム(RM50)を, 呼気ガスはDouglas bagにより採

気し、 O_2 、 CO_2 はSan-ei Gas Analyzer (1 H 21) によった。

5) 被験者の体格と体力評価

表 1 に示すような年齢、体格、体力の被験者で本研究をすすめた。

Table 1. Physical Characteristics of Subjects (Students & Adults).

Name	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Fitness
K.T	M	17	168.3	52.0	very good
J.N	M	17	166.7	55.4	good
M.T	M	17	170.3	54.6	poor
C.M	F	17	156.4	53.5	very good
M.T	F	17	152.8	48.0	good
M.I	F	17	146.2	42.5	poor
M.K	M	38	167.6	62.6	very good
A.K	F	29	161.4	53.4	good

6) 実験の time table

Rest (30')	Rest-Sample (10'×2)	15 min-run (15')	Rec. (16')	Circuit (outdoor) (8'17")	Rec. (20')
---------------	------------------------	---------------------	---------------	---------------------------------	---------------

Circuit (indoor) (5')	Rec. (15')	Ex. 1	Rec. 1 (5')	Ex. 2	Rec. 2 (5')	Ex. 3	Rec. 3 (5')	...	Ex. 13	Rec. 13 (5')
-----------------------------	---------------	-------	----------------	-------	----------------	-------	----------------	-----	--------	-----------------

Fig. 2. The time table of measurement of $\dot{V}O_2$.

B. 長崎市民体育館の“体力づくり”の測定

測定法は北陽台高校の測定法に準じた。ただし回復期を 10 分間採気し、トレッドミル走での測定は実施できなかった。1981 年 6 月 6 日に長崎市民会館にて測定した。被験者として長崎市民体育館の職員、男女各 1 名を選び被験者の年齢、体格は表 1 に示した。

C. 運動強度の指標、エネルギー代謝率 (RMR) 及び活動代謝 (Ea)

運動強度の指標として今回使用したパラメーターは主として RMR を中心に、HR、酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、RMR から算出した Ea、さらに心拍数 (HR) から算出したパーセント HR (% HR max., HR/HR max.), パーセント $\dot{V}O_2$ max. (% $\dot{V}O_2$ max., $\dot{V}O_2/\dot{V}O_2$ max.), さらに HR-% $\dot{V}O_2$ あるいは % HR max.-% $\dot{V}O_2$ max. などである。

1. エネルギー代謝率 (RMR, Relative Metabolic Rate)

図 3 に示すモデルのようにその労作 (運動) に使われたエネルギー ($\dot{V}O_2$) が、その時の基礎代謝量 (Basal Metabolism, $\dot{V}O_2$) の何倍に相当するかを見たものが RMR で詳しくは沼尻^{5,6,7)} による。

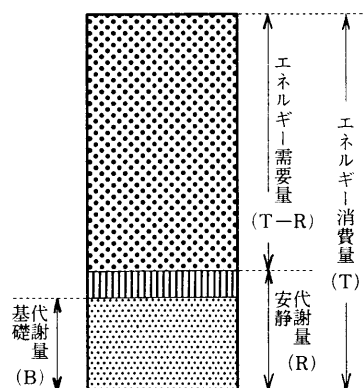


Fig. 3. The contents of energy metabolism.
B: Basal metabolism R: Rest metabolism
T: Energy consumption T-R: Energy requirement

① RMR の計算

$$RMR = \frac{T_m - R_m}{B_m}$$

(T_m ; エネルギー消費量, R_m ; 安静時代謝量, B_m ; 基礎代謝量, $T_m - R_m$; エネルギー需要量)

$$RMR = \frac{(E_m \times T_E + R_{e.m} \times T_{RC}) - \{R_{s.m} \times (T_E + T_{RC})\}}{B_m \times T_E}$$

B_m ; 基礎代謝量

E_m ; 運動時のエネルギー消費量

$R_{e.m}$; 回復時のエネルギー消費量

$R_{s.m}$; 座位安静時のエネルギー消費量

T_E ; 運動時の採気時間

T_{RC} ; 回復時の採気時間

$T_E + T_{RC}$; 運動時及び回復時の採気時間

② 基礎代謝量の計算

高校生の基礎代謝値は安静時代謝量の 91% 値を使用し, 成人については厚生省の基準値²²⁾を使用した。

2. 活動代謝 (Energy Activity, Ea)

実際の身体活動をどれだけの時間実施したら何 kcal のエネルギー消費量があるかを容易に計算するために Ea を RMR と合せて示した。活動代謝 (Ea) の計算は RMR と基礎代謝基準値から計算した。²²⁾

$$Ea = \text{基礎代謝 (kcal/kg/min)} \times (RMR + 1.2)$$

ただし定数 1.2 は昼間の生活活動時の安静代謝率であり食物摂取によってエネルギー代謝の亢進する特異動的作用 (S.D.A) も含まれている。

3. 心拍数 (HR) と HR/HR max. (% HR max.)

HR による運動強度は, 1) 1 分当りの HR (beats/min, bpm), 2) 最大心拍数の何%に相当するかの表示で HR/HR max. から % HR max.(a) を示し, 3) さらに % 表示で池上⁴⁾が示すように安静時の HR を考慮した % HR max.(b) を次式より算出し合せて示した (高校生男子のみ)。

$$\% \text{ HR max. (b)} = \frac{\text{運動中の HR} - \text{座位安静時の HR}}{\text{その人の HR max.} - \text{座位安静時の HR}} \times 100$$

4. 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) と $\dot{V}O_2/\dot{V}O_{2\max.}$ (% $\dot{V}O_{2\max.}$)

酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) は内容によって, エネルギー代謝量, エネルギー消費量とも表現する. 英語表示は oxygen (O_2) uptake (intake), energy cost, energy requirement, energy expenditure, energy consumption の使用が多いがこれらは先の日本語を使用した.

HR と同様に, 1) 酸素消費量 ($\dot{V}O_2$) は O_2 l/min, O_2 ml/kg/min, kcal/kg/min を使用した. Ea と表示したものは RMR から算出した kcal/kg/min 表示である. 2) 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2\max.}$) の何パーセント強度に相当するかを示すために $\dot{V}O_2/\dot{V}O_{2\max.}$ を % $\dot{V}O_{2\max.}$ として示した. 3) さらに心拍数 (HR) の時と同様に池上⁴⁾ が表すように安静時の $\dot{V}O_2$ を考慮した方法つまり次式により,

$$\% \dot{V}O_{2\max.}(b) = \frac{\text{運動中の } \dot{V}O_2 - \text{安静時の } \dot{V}O_2}{\text{その人の } \dot{V}O_{2\max.} - \text{安静時の } \dot{V}O_2} \times 100$$

をトレッドミル走で $\dot{V}O_{2\max.}$ を測定した高校男子の aerobics についてのみ表示した.

III 結 果

A. 北陽台高校の aerobics の運動強度

1. 男子の aerobics

Table 2. RMR and Ea of Aerobics (Students).

Type or Mode	Fig. 4.	Sex	RMR	Ea (kcal/kg/min) ^{a)}	Exercise time
ウォーミングアップ Warming up		M	2.8	0.073	6'
15分走 15 min-run		M	8.0	0.169	15'
室内サーキット Circuit (indoor)		M	5.9	0.131	5'
室外サーキット Circuit (outdoor)		M	7.8	0.165	8' 19"
ストライド・ステップ Stride step	1	M	26.4	0.506	10.7'' [†]
ツイスト Twist running	2	M	22.8	0.439	7.6'' [†]
肋 木 Stall bar leg raise	3	M	7.8	0.165	14.9'' [†]
うんてい Overhead ladder walk	4	M	15.2	0.301	17.9'' [†]
平行棒 Parallel bar walk	5	M	16.0	0.356	9.7'' [†]
スクワット・ジャンプ Squat jumping	6	M	21.7	0.420	13.4'' [†]
ひざかかえジャンプ Jumping	7	M	24.9	0.478	13.4'' [†]
チューブ引き Tube running	8	M	17.9	0.350	13.5'' [†]
ハント棒のぼり Bar climbing	9	M	9.3	0.193	14.9'' [†]
アンダーバー Under bar walk	10	M	20.2	0.392	15.2'' [†]
平均台歩行 Balance beam	11	M	17.6	0.345	7.8'' [†]
倒立腕屈伸 Push-up	12	M	8.5	0.179	10.2'' [†] (10 times)
上体おこし Bent knee sit up	13	M	5.3	0.119	69.0'' (30 times)
エアロビックダンス Aerobic dancing		F	5.9	0.120	8' 17"

a) Ea : Basal metabolism (kcal/kg/min)^{b)} \times (RMR+1.2)

b) Basal metabolism (17 yrs ♂): 26.4 kcal/kg/day (0.01833 kcal/kg/min)
(17 yrs ♀): 24.2 kcal/kg/day (0.01681 kcal/kg/min)

†: Short time exercise (2-3 participations)

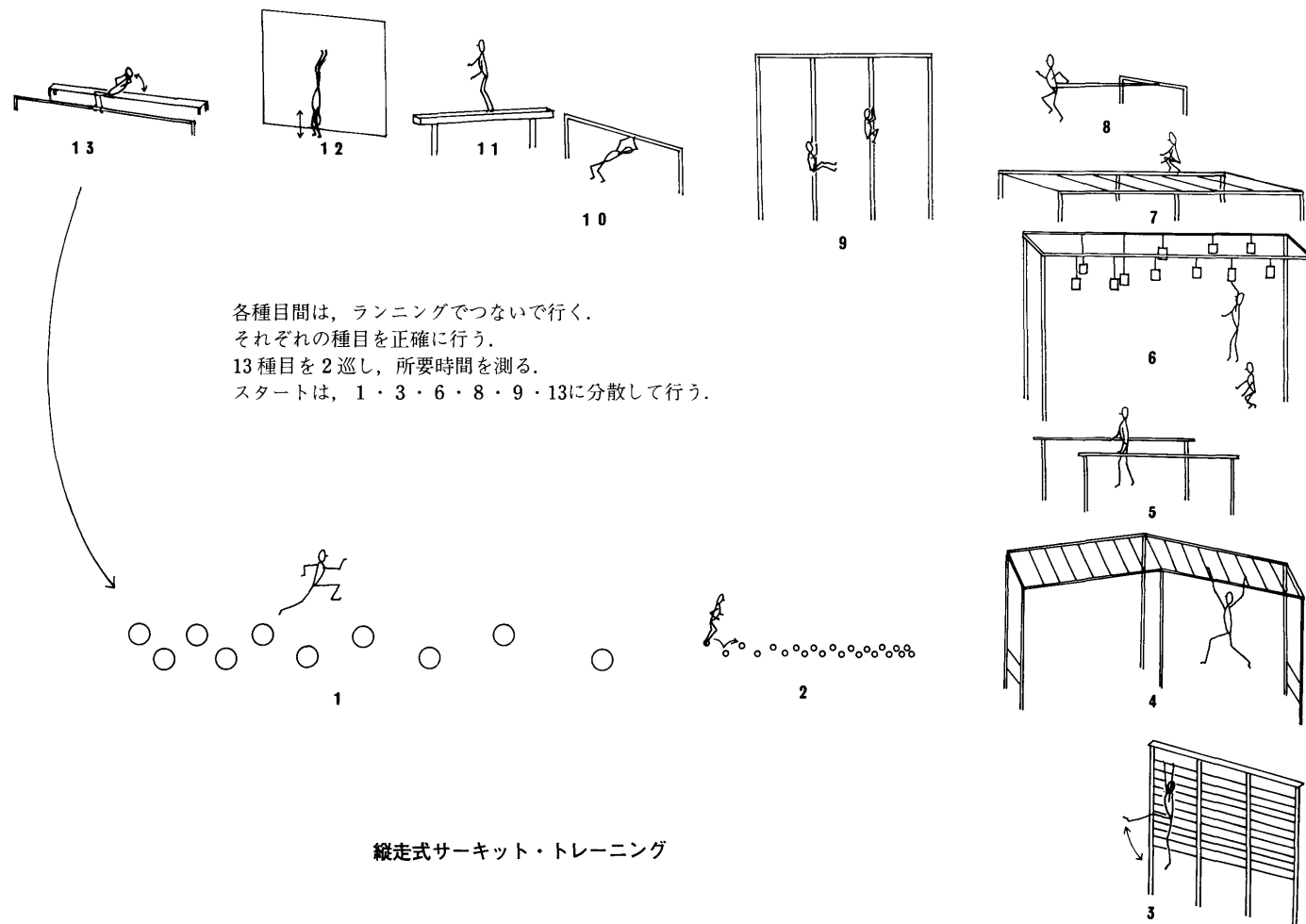


Fig. 4. The Outdoor Circuit Training of Male Students (Exercise #1-#13).



Fig. 5. Aerobics of Senior High School Students.
(Rest, 15 Min-Run and Exercise #1-#13).

表2に各種目ごとのRMR及びEaを示しその測定中の写真及び室外サーキットの順番図を示した(図4, 図5(写真)).

各運動種目ごとのRMRとEa(kcal/kg/min)を示すと, 15分走で8.00と0.169kcal, 各13種目連続の室外サーキットは, 7.80, 0.165kcalであった. その室外サーキットの3人の平均運動時間は8分19秒であった. さらに, 室外サーキットの種目ごとのRMRとEaは次の通りであった. ストライド・ステップ26.4, 0.506kcal, ツイスト22.8, 0.439kcal, ろく木(肋木)7.8, 0.165kcal, うんてい15.2, 0.301kcal, 平行棒16.0, 0.356kcal, スクワット21.7, 0.420kcal, ひざかえジャンプ24.9, 0.478kcal, チューブ引き17.9, 0.350kcal, ハント棒登り9.3, 0.193kcal, マンダーバー20.2, 0.392kcal, 平均台歩行17.6, 0.345kcal, 倒立腕屈伸8.5, 0.179kcal, 上体おこし5.3, 0.119kcal. さらに, 雨天時に実施される室内サーキットは5.9, 0.131kcalを示し, 室外サーキットの7.8よりも低かった. なお, サーキット・トレーニング中の各種目の運動時間は, ストライド・ステップ10.7秒, ツイスト7.6秒, 平均台歩行7.8秒, 平行棒9.7秒の短い種目が多く, 最も長い時間を要した上体おこしでも69.0秒の時間であった.

Table 3. Heart Rate (HR) and Oxygen Intake ($\dot{V}O_2$) during Treadmill Running (Male Students).

Time Speed (min) (m)	K.T				J.N				M.T			
	HR		$\dot{V}O_2$		HR		$\dot{V}O_2$		HR		$\dot{V}O_2$	
	bpm	% HR max.	l	% $\dot{V}O_2$ max.	bpm	% HR max.	l	% $\dot{V}O_2$ max.	bpm	% HR max.	l	% $\dot{V}O_2$ max.
Rest	—	75		0.204	65		0.200		83		0.200	
1'	160	173	86.5 (78.4)	1.90 (50.4)	169	84.9 (74.6)	2.07 (55.4)		169	87.9 (78.7)	2.11 (61.0)	63.4 (61.0)
2'	170	177	88.5 (81.6)	2.34 (63.5)	175	87.9 (82.1)	2.80 (77.0)		179	92.8 (87.4)	2.83 (84.0)	85.0 (84.0)
3'	180	186	93.0 (88.8)	3.03 (84.0)	183	92.0 (88.1)	3.02 (83.4)		182	94.6 (90.4)	3.01 (89.8)	90.4 (89.8)
4'	190	188	94.8 (90.4)	3.13 (86.9)	189	95.0 (92.5)	3.27 (90.8)		186	96.9 (94.5)	3.31 (99.4)	90.4 (99.4)
5'	200	193	96.5 (94.4)	3.44 (96.1)	194	97.4 (96.3)	3.24 (90.0)		189	98.3 (97.0)	<u>3.33</u>	
6'	210	196	98.0 (96.8)	3.39 (94.7)	196	98.5 (97.8)	3.47 (95.8)		<u>192</u>		3.04	
7'	220	198	99.0 (98.4)	3.51 (98.2)	<u>199</u>		<u>3.58</u>					
8'	230	<u>200</u>		<u>3.57</u>								

() : Method b (% HR max., % $\dot{V}O_2$ max.)

— : HR max., $\dot{V}O_2$ max.

$\dot{V}O_2$ max. (ml/kg/min) : K.T ; 66.8, J.N ; 59.6, M.T ; 58.5

また、表 3, 表 4 から 15 分走時の平均 HR は被験者 K.T が 185.4 bpm, J.N が 186.8 bpm, M.T が 176.0 bpm であり, 最大 HR に対する割合 (HR/HR max., 表 4) はそれぞれ 92.7%, 93.9%, 91.2% と高い % HR max. を示した. 室外サーキットの HR は測定できなかったが, 室内サーキットの HR (bpm) は, K.T が 147.4, J.N が 167.0, M.T が 162.6 でそれぞれの % HR max. は 73.5%, 83.9%, 84.3% であった.

Table 4. Physiological Values ($\dot{V}O_2$, HR, % $\dot{V}O_2$ max., % HR max.) of Students during 15 Min-Run and Circuit Training.

		K.T	J.N	M.T
15 Min-Run	$\dot{V}O_2$ (l)	1.97	2.05	1.62
	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	37.9	37.0	30.5
	HR (bpm)	185.4	186.8	176.0
	% $\dot{V}O_2$ max. (a)	55.2	57.3	48.6
	% $\dot{V}O_2$ max. (b)	52.5	54.8	45.5
	% HR max. (a)	92.7	93.9	91.2
	% HR max. (b)	88.3	90.3	84.6
Circuit (outdoor)	$\dot{V}O_2$ (l)	1.36	1.59	1.32
	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	26.2	28.7	24.2
	% $\dot{V}O_2$ max. (a)	38.1	44.4	39.6
	% $\dot{V}O_2$ max. (b)	34.3	41.2	35.8
Circuit (indoor)	$\dot{V}O_2$ (l)	1.30	1.57	1.21
	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	25.0	28.4	22.1
	HR (bpm)	147.4	167.0	162.6
	% $\dot{V}O_2$ max. (a)	36.4	43.9	36.3
	% $\dot{V}O_2$ max. (b)	32.6	40.6	32.3
	% HR max. (a)	73.5	83.9	84.3
	% HR max. (b)	57.9	76.1	72.4

% $\dot{V}O_2$ max.(a) : $\dot{V}O_2$ (Exercise)/ $\dot{V}O_2$ max.

% $\dot{V}O_2$ max.(b) : ($\dot{V}O_2$ (Exercise) - $\dot{V}O_2$ (Rest)) / ($\dot{V}O_2$ max. - $\dot{V}O_2$ (Rest))

% HR max.(a) : HR (Exercise)/HR max.

% HR max.(b) : (HR (Exercise) - HR (Rest)) / (HR max. - HR (Rest))

後日, 先の同一被験者を長崎大学教養部体育実験室にてトレッドミル走行によって, 負荷テストを実施し, HR, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2$ max. を表 3 に示した. aerobics の各運動の $\dot{V}O_2$ (l/min) は K.T が 15 分走で 1.97 l, 室外サーキットが 1.36 l, 室内サーキットが 1.30 l であった. K.T の場合トレッドミル走での最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ max.) が 3.57 l であったので, % $\dot{V}O_2$ max.(a) は 15 分走で 55.2 % $\dot{V}O_2$ max., 室外サーキット 38.1 % $\dot{V}O_2$ max., 室内サーキットが 36.4 % $\dot{V}O_2$ max. であった. 同様に J.N の $\dot{V}O_2$ max. が 3.58 l であったのでそれぞれ 2.05 l で 57.3 % $\dot{V}O_2$ max., 1.59 l で 44.4 % $\dot{V}O_2$ max., 1.57 l で 43.9 % $\dot{V}O_2$ max. であった. M.T (体力評価が最も劣る) の $\dot{V}O_2$ max. は 3.33 l で, 15 分走が 1.62 l で 48.6 % $\dot{V}O_2$ max., 室外サーキットが 1.32 l で 39.6 % $\dot{V}O_2$ max., 室内サーキットは 1.21 l で 36.3 % $\dot{V}O_2$ max. であった (表 4). 以上のように安静時を考慮しない % $\dot{V}O_2$ max.(a) の方が安静時を考慮した % HR max.(b), % $\dot{V}O_2$ max.(b) よりも常に高い値を示した.

さらに, $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) 表示では表 4 に示すように, 15 分走は K.T が 37.9 ml, J.N が 37.0 ml, M.T が 30.5 ml であった. 室外サーキットは K.T が 26.2 ml, J.N が 28.7 ml, M.T が 24.2 ml で, 室内サーキットはそれぞれ 25.0 ml, 28.4 ml, 22.1 ml と体重当りの $\dot{V}O_2$ は各被験者の体力, 実施中のスピードなどにより個人差がみられた.

2. 女子の aerobic dancing

Table 5. Physiological Values ($\dot{V}O_2$, HR) during Aerobic Dancing.

	M.I	M.T	C.M
$\dot{V}O_2$ (l)	1.17	1.52	1.63
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	27.4	31.6	30.5
HR (bpm)	154.5	189.8	150.9

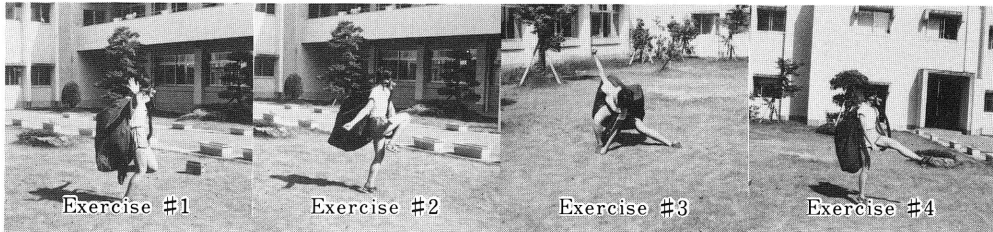


Fig. 6. Aerobic Dancing of Female Students.

女子の aerobic dancing については表 2, 表 5 と図 6 (写真) に示した. aerobic dancing の活動時間は全員 8 分 17 秒でその時の RMR は 5.9. Ea は 0.120 kcal/kg/min, 平均 HR は M.I は 154.5 bpm, M.T は 189.8 bpm, C.M は 150.9 であった. さらにダンス中の酸素摂取量 (ml/kg/min) は, M.I が 27.4 ml, M.T が 31.6 ml, C.M が 30.5 ml でかなりの個人差がみられた. 心拍数も M.T のみが 189.8 bpm と他の 2 人に比して大であった. M.I は最初の 4 分間は低い HR を示し, $\dot{V}O_2$ も 1.17 l, 5.70 kcal/min と M.T の 1.52 l, 7.23 kcal/min, C.M の 1.63 l, 7.67 kcal/min に比べて低かった.

B. 長崎市民体育館の“体力づくり”の運動強度

長崎市民体育館の“体力づくり”の運動強度をまず RMR と Ea を示すと以下の通りであった (表 6, 図 7(a)). 男子のサイドレイズは RMR 3.7, 0.079 kcal/kg/min, 腕立て伏臥腕屈伸 4.5, 0.091 kcal, 自転車のペダリング 4.5, 0.092 kcal, 上体おこし 5.1, 0.101 kcal, トランク・ツイストは 5.8, 0.113 kcal, 台の昇り降り 7.09, 0.133 kcal, 上体そらし 7.1, 0.134 kcal, スクワット・スラスト 16.6, 0.286 kcal, ダンベル・ジャンプ 17.7, 0.303 kcal など身体の前後, 左右又は上下の移動をともなう身体活動が RMR, Ea が高い傾向を示した.

女子の種目の RMR と Ea は次の通りであった (表 6, 図 7(b)). 上体おこし 4.5, 0.093 kcal, 腕立て伏臥腕屈伸 4.8, 0.098 kcal, トランク・ツイスト 6.7, 0.131 kcal, 台の昇り降り 7.0, 0.132 kcal, ジャンプ 7.7, 0.144 kcal, 自転車のペダリング 10.6, 0.191 kcal, スクワット 11.8, 0.212 kcal, バック・キック 14.0, 0.248 kcal, スクワット・スラスト 16.3, 0.284 kcal などであった. 女子の種目も男子同様にスクワット・スラスト, バック・キック, スクワットなど全身の移動又は大筋の移動をともなう種目の RMR, Ea が高く, 自転車エルゴメーターでのペダリング (180 ペダリング/min) は男子の RMR が 4.5 に対して女子 10.6 と 2 倍以上の差異を示し男女差の大きい種目であった.

Table 6. RMR and *Ea* of Aerobics (Adults).

Type or Mode	Fig. 7.	Sex	RMR	<i>Ea</i> (kcal/kg/min) ^{a)}	frequency
台の昇り降り Step up down	1	M	7.1	0.133	30/min (40 cm-High)
上体おこし Bent knee sit up	2	M	5.1	0.101	40/min
サイド・レイズ Lateral raise	3	M	3.7	0.079	50/min
ダンベル・ジャンプ Dumbbells jumping	4	M	17.7	0.303	60/min
トランク・ツイスト Trunk twist	5	M	5.8	0.113	70/min
上体そらし Spinal hyperextension	6	M	7.1	0.134	60/min
スクワット・スラスト Squat thrust	7	M	16.6	0.286	30/min
腕立て伏臥腕屈伸 Push up	8	M	4.5	0.091	50/min
自転車エルゴメータこぎ Bicycle pedaling		M	4.5	0.092	180/min
台の昇り降り Step up down	1	F	7.0	0.132	30/min (35 cm-High)
上体おこし Bent knee sit up	2	F	4.5	0.093	30/min
スクワット Squat	3	F	11.8	0.212	50/min
トランク・ツイスト Trunk twist	4	F	6.7	0.131	70/min
スクワット・スラスト Squat thrust	5	F	16.3	0.284	30/min
バック・キック Hip extension	6	F	14.0	0.248	60/min
ジャンプ Jumping	7	F	7.7	0.144	140/min
腕立て伏臥腕屈伸 Push up	8	F	4.8	0.098	40/min
自転車エルゴメータこぎ Bicycle pedaling		F	10.6	0.191	180/min

a) *Ea* : Basal metabolism (kcal/kg/min)^{b)} × (RMR+1.2)

b) Basal metabolism (30 yrs ♂): 23.1 kcal/kg/day (0.01604 kcal/kg/min)

(20 yrs ♀): 23.4 kcal/kg/day (0.01625 kcal/kg/min)

[男性用]

№	種 目	図 解	効果	解 説
1	台の昇り降り		脚	・高さ40cmのベンチを正確に昇り降りする。
2	上体おこし		腹	①仰臥して両足を固定し上体をおこす。 ②仰臥しそのまま上体をおこす。
3	サイド・レイズ		腕・肩	①両手にダンベルを持ち、脚を肩幅ぐらいに開いて立つ。 ②腕を伸ばしたまま、体側水平まで上げる。
4	ダンベル ジャンプ		脚	①両手にダンベルを持ち、前後左右の十字型にとぶ。 ②両手にダンベルを持ちベンチの上にとび上がりおりをする。
5	トランク ツイスト		脇腹	・ダンベルを両手に持つて肩のところで支え、足を大きく開き、固定したまま上体を大きく左右にねじる。
6	上体そらし		背・尻	①伏臥して両足を固定し上体をそらす。 ②伏臥し、手で足首を握り、体をそらす。
7	スクワット スラスト		全身	・直立姿勢から床についてしゃがみ、すばやく両足を後に伸ばし、すぐもどして直立姿勢にもどる。
8	腕立て伏臥 腕屈伸		腕・胸	①両手と足先で体重を支え、腕と上体の角度が90度になるようにし、腕をまげのばしする。 ②ベンチ使用。

Fig. 7. Circuit Training of Male Adults (a).

[女性用]

№	種 目	図 解	効果	解 説
1	台の昇り降り		脚	・高さ35cmのベンチを正確に昇り降りする。
2	上体おこし		腹	・仰臥して両足を固定し上体をおこす。 ①頭の後に組む ②両側にのばす ③頭の上にのばす
3	スクワット		脚	・肩幅に開脚し、手を頭の後に組み、胸をしっかりと張りそのまま、しゃがんで立つ。 ・上体が前傾しないようにする。
4	トランク ツイスト		脇腹	・ダンベルを両手に持つて肩のところで支え、脚を大きく開き、固定したまま上体を大きく左右にねじる。
5	スクワット スラスト		全身	・直立の姿勢から両手を床についてしゃがみ、すばやく両足を後に伸ばしすくもどして直立姿勢にもどる。
6	バック・キック		背・尻	・両手でバーを持ち膝を曲げないで脚を交互に高くけり上げる。 ・上体をあまりさげない。
7	ジャンプ		脚・全身	①能力に応じて自由なとび方とぶ。 ②大きくジャンプし前後開脚して深くしゃがむ。
8	腕立て伏臥 腕屈伸		腕・胸	①膝をついて腕立て伏せをし腕のまげのばしをする。 ・腰をまげない。 ②両腕と足先で支持し腕のまげのばしをする。

Fig. 7. Circuit Training of Female Adults (b).

Ⅳ 考 察

A. 北陽台高校の aerobics の運動強度

1. 男子の aerobics

今回の測定値 (RMR) と先行研究^{5~15)} と比較してみると, 例えば 15 分走の RMR 8.0 は, サッカーのゴールキーパーを除いた試合時の RMR 値 7—9 に相当し, サッカー練習時の駆走 7.0 より高かった. 13 種目を連続的に行う室外サーキットの RMR は 7.8 で先の 15 分走に相当した. さらに, 雨天時に実施されている室内サーキットの RMR 5.9 は野球の投手の試合時の 5—6 に, 歩行 (6 km/hr) の 5.0 より高く, 階段のぼり (45 m/min) の 6.5, 市民会館の台の昇降 7.0 よりも低かった.

室外サーキット各 13 種目の RMR のうち, ストライド・ステップ 26.4, ひざかかえジャンプ 24.9, ツイスト 22.8, スクワット 21.7 などの種目が高く, スキーのスラロームの試合 23.4, スピードスケート 1500 m の 25.4, 体操の徒手, 鞍馬 22—26, 平行棒 24—29 に近い RMR であった. ただし, これらの種目はいずれも 7.6 秒—17.9 秒で運動が終了するもので, 酸素負債の大きい種目であった. つまり, 運動中の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) はそれほど大きくはなく, 回復期の酸素摂取量 (酸素負債量) が大きい酸素負債型の activity であった.

平均台の歩行の RMR が 17.6 と大きかったことは興味深い. 普通の平地歩行は通勤時 (71 m/min) で 2.1, いそぎ足 (95 m/min) で 3.5 にすぎないが, RMR 17.6 は 7.8 秒の短時間の運動時間, 身体のバランスを保持するために止息するため短距離走のような酸素負債型を示し, RMR が大となったものと推察される.

室外サーキット 13 種目を連続して行った運動 (8 分 19 秒) は RMR 7.8 で先の 15 分走に相当し, 各 13 種目 (RMR が相当高いものを含む) を各自の運動能力のレベルによって, 適時休息をとっていることを示しており, 各自の能力に応じて実施するサーキット・トレーニングの利点がうかがえた. これに対して, 雨天時に実施される室内サーキットは RMR 5.9 と低く, 被験者 3 人の体重当りの酸素摂取量 (ml/kg/min) をみるとそれぞれ K.T が 19.9 ml, J.N が 28.4 ml, M.T が 22.1 ml とその消費エネルギー ($\dot{V}O_2$) が三者異なり, 最も体力の高い K.T は相対的にみて $\dot{V}O_{2\max}$ に対して, 強度を上げないで楽に行ったことがわかる.

後日, 長崎大学教養部体育実験室にて測定したトレッドミル走による最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2\max}$) に対するパーセンテージ ($\% \dot{V}O_2 \max. = \dot{V}O_2 / \dot{V}O_{2\max}$) は, 15 分走で K.T が 55.2% $\dot{V}O_2 \max.$, J.N が 57.3% $\dot{V}O_2 \max.$, M.T が 48.6% $\dot{V}O_2 \max.$ はそれぞれの $\% HR \max.$ に比べてかなり低い強度であった.

全身持久力のトレーニング効果を期待するならばその運動強度は 60% $\dot{V}O_2 \max.$ 以上が必要という研究が多い. 今回の $\% \dot{V}O_2 \max.$ が低かった理由については 2 つの理由が考えられる. 1) 北陽台高校の 15 分走の測定時に験者が伴走し, 三方コックを操作する必要上 (Bag 交換のため) 被験者の走行中のスピードがいつもより低かった. 2) グランドで 15 分走を測定した日 (1980 年 11 月 15 日) から, 長崎大の実験室のトレッドミル走による $\dot{V}O_{2\max}$ を測定した日まで, 日程の都合約 4 ヶ月を経たことにより, 冬期の 15 分走によるトレーニング効果 (training effect) がみられ $\dot{V}O_2 \max.$ が伸び, そのことにより $\% \dot{V}O_2 \max.$ が相対的に低下したことなどが考えられる.

$\% HR \max.$ が 15 分走, トレッドミル走でいずれも $\% \dot{V}O_2 \max.$ よりも高いパーセンテージを示したことは, 心理的 (精神的) な影響と思われる. 採気用のガスマスクを装着し, Douglas bag を背負っての運動はかなり精神的にも負担感を与え, 心拍数 (HR) を使用しての運動強度の推定にはかなりの注意が必要と思われた. 心拍数は自律神経の調節をうけているが, さ

らに上位の大脳皮質の支配をうけ, 精神的興奮, 不安などによっても影響される²³⁾ と言われており, トレッドミル走の % HR max. - % $\dot{V}O_2$ max. でも % HR max. が高くなったことも以上の理由と推察される.

今回の % HR max., % $\dot{V}O_2$ max. の関係, % $\dot{V}O_2$ max. が低かったことなど測定上の問題は残るとしても, 北陽台高校で授業時に実施されている aerobics が心肺機能の向上, 全身持久力の向上に貢献していることは浦²⁴⁾ (同校教諭) の報告にみる通りである. さらに東京の高校でエアロビクスサーキット・トレーニングを実施している山口²⁵⁾ の報告でも効果があったことを示している.

今回の研究では, 北陽台高校の aerobics のトレーニング効果は測定していないが, 生理的な実証は青木ら²⁶⁾ の研究で十分裏付けされている. つまり, 青木らは6週間の体育授業(自由走による持久走が中心)により, 最大運動時の exhaustion time の有意な増加, 最大酸素脈の有意な増加を報告しており, 持久走を中心とした体育授業の効果が心肺機能(全身持久力)の向上に十分みられたと述べており, 北陽台高校の aerobics についても生理学的な機序は青木らの説明で十分納得できよう.

2. 女子のエアロビック・ダンス (aerobic dancing)

女子の aerobic dancing に関する研究はそのブームも反映して最近多くの研究がみられる. 我が国で渡辺ら²⁷⁾ により「学校ダンス」のエネルギー代謝が報告されている. つまり, ダンス10種目の RMR を 5.4—10.5 であったとし, その振付, 表現方法等により差異があることを示している. 桜井ら²⁸⁾ は, 軽いおもりを両手に持った場合の aerobic dancing の影響を検討し, 男子の熟練者では, おもりを持つことにより運動強度 ($\dot{V}O_2$) が 25.0 ml/kg/min から 29.2 ml/kg/min へと増加したが, 女子ではおもりを保持することによりかえって動き自体が小さくなり $\dot{V}O_2$ は 28.3 ml/kg/min から 26.4 ml/kg/min へと減少したと報告している.

Weber²⁹⁾ は high レベルの $\dot{V}O_2$ が 28—32 ml/kg/min と報告し, Igbunugo & Gutin³⁰⁾ は心拍数が high レベルで 149 bpm, $\dot{V}O_2$ は 27.25 ml/kg/min であったとし, Foster³¹⁾ は, 4名の平均 $\dot{V}O_2$ は 33.6 ml/kg/min で, 77 % $\dot{V}O_2$ max. であったと報告しているが, その内訳を見ると 67—95 % $\dot{V}O_2$ max. の運動強度であり, かなりの個人差が認められた. さらに Blyth & Goslin³²⁾ は, トレッドミル走から % HR max. と % $\dot{V}O_2$ max. の一次の回帰式から $Y = 1.37X - 41.49$ (Y: % $\dot{V}O_2$ max., X: % HR max.) を求め, アメリカスポーツ医学会 (The American College of Sports Medicine, ACSM) の方法で, aerobic dancing 中の“至適目標 HR” (the desired Target Heart Rate, THR) を計算し, 81.3±0.9 % HR max. を報告した.

本研究で3人の被験者の aerobic dancing 中の $\dot{V}O_2$ は 27.4 ml/kg/min, 30.5 ml, 31.6 ml で, HR はそれぞれ 154.5 bpm, 150.9, 189.8 であり, RMR は3人の平均値で 5.9 であったことからかなりの運動強度であったことがうかがえた. 女子の $\dot{V}O_2$ max., HR max. を測定していないので % HR, % $\dot{V}O_2$ max. は示すことができなかった.

次にダンスの種類も種々あるので他のダンスの運動強度を示そう. 日本舞踊については飯田ら³³⁾ の研究がある. 例えば“玉屋”では 44.4 % $\dot{V}O_2$ max., 137.4 bpm, “娘道成寺”で 32.7 % $\dot{V}O_2$ max., 115.9 bpm, “お兼”で 62.4 % $\dot{V}O_2$ max., 138.5 bpm とダンスの種目によってかなりの運動強度の差が認められた. Léger³⁴⁾ は, disco dancing のエネルギー消費量を報告している. 8組の男女, 平均 22.2 歳の男女学生に同じリズムの音楽で (133.8 bpm), 男子 31.2 O₂ ml/kg/min, 60 % $\dot{V}O_2$ max., 女子 28.1 O₂ ml/kg/min, 70 % $\dot{V}O_2$ max. と性差が認められたことを報告している. さらに同じ被験者に夜の disco party で音楽リズムに無関係に自由にダンスをした場合には, 最大と最小では $\dot{V}O_2$ と HR にかなりの個人差がみられ,

ダンスの踊り方によってその個人の運動強度が異なることを報告している。

square dancing については, Jetté & Inglis³⁵⁾ の研究がある。二つの著明なダンス 1) “Mish-Mash” (早い動き), 2) “Singing” (ゆっくりした動き) のエネルギー消費量 ($\dot{V}O_2$) を測定した。中年の 4 組のカップルで 2 回測定し, 男性では “Mish-Mash” で 0.085 kcal/kg/min, “Singing” では 0.077 kcal/kg/min, 女性ではそれぞれ 0.088, 0.084 kcal/kg/min であったとし, 1 時間半から 2 時間の典型的なダンスの夕べで 300—500 kcal のエネルギー消費量 (たとえば 70 kg の男性で 425 kcal, 60 kg の女性で 390 kcal) であったと述べている。

吉田ら³⁶⁾ は, 心拍数や PRE (主観的運動強度) を基に aerobic dancing の運動強度を推定することは誤差が大きく, さらに運動強度には個人差が大きいことを示唆しており, 今回の筆者らも同様の考え方を支持したい。これらの傾向は先の Léger³⁴⁾ の disco dancing の例でもみられ, 心拍数からのみの運動強度の測定には十分留意が必要なることを示唆している。

aerobic dancing のトレーニング効果については次の先行研究がみられる。Cearly ら³⁷⁾ は, 女子学生に 75 % $\dot{V}O_{2\max}$, 145—160 bpm の aerobic dancing を週 2 回又は 3 回, 10 週間継続させ, 週 3 回組で $\dot{V}O_{2\max}$ が 40.1 ml/kg/min から 44.5 ml/kg/min へ 10.7 % の $\dot{V}O_{2\max}$ の向上を示し, 週 2 回より 3 回の方が aerobic power の伸びが大であったことを示している。Vaccaro & Clinton³⁸⁾ は, 週 3 回, 45 分の aerobic dancing を 10 週間実施し, $\dot{V}O_{2\max}$ は 31.1 ml/kg/min から 38.2 ml/kg/min と有意な伸びを示したが, 体脂肪率 (% fat) は減少しなかったと述べている。Eickhoff ら³⁹⁾ は, 生理的な効果とともに, 低い体力レベルのクラスでは, 身体概念 (physical self-concept) に対する精神的な効果がみられたことも報告している。さらに, White⁴⁰⁾ は, 50—63 歳 (平均 56 歳) の閉経期後 (postmenopausal) の女性に週 4 日の割で aerobic dancing を行わせ, レッドミル走タイムの伸び, 安静時 HR の減少, 脚筋力の伸びを報告し, 閉経期後の女性に aerobic dancing の生理的効果が十分認められたことを示している。

以上先行研究との比較から, 今回の aerobic dancing は RMR 5.9, E_a 0.120 kcal/kg/min, 酸素摂取量 (ml/kg/min) は 27.4—30.5 ml/kg/min, HR 150.9—189.8 bpm と個人差はあるものの高いレベルの運動強度を示しており, 有酸素的持久力の向上には, 十分効果的な強度であったと言える。

B. 長崎市民会館の体力づくり

成人男女のための体力づくりで短時間に運動が終了するものは RMR が高く, 時間をかけて運動するものは RMR が低い傾向を示した。例えば男子のダンベル・ジャンプ 17.7, スクワット・スラスト 16.6, 女子のスクワット・スラスト 16.3, バック・キック 14.0 などであった。今回は連続 9 種目のサーキットの RMR は測定しておらず, 種目別 RMR の積算が, 9 種目連続中の RMR に相当しないのは当然である。各種目ごとの RMR には回復期 (10 分) 間の $\dot{V}O_2$ も含んでいる。

男女差の大きい RMR に自転車のペダリング運動があった。例えば男子の RMR が 4.5, 女子が 10.6 と同じ負荷条件 (強度) でも大きな反応の差異がみられ, バドミントンできたえた脚筋力, 有酸素的持久力に優れた被験者であった M.K は, 女子被験者 A.K に比べて効率よく, 少ないエネルギー消費量で動作を完了したことになる。このことは, Morehouse⁴¹⁾ によって, 被験者の経験, 学習, 体重およびペダリングの速さによって, 自転車エルゴメーターの生理的反応が異なることを示している。

今回測定した各種目の RMR を先行研究^{5~15)} の RMR と比較してみると次のような結果となる。例えば男子の自転車のペダリングの RMR 4.5 は分速 100 m の歩行の RMR 5.0, 軽い

山歩き 4.8 に相当し, 女子のペダリング RMR 10.6 は 50m を軽く平泳ぎで流した RMR 10.0, テニスのシングルの 10.9 に相当する. 台の昇り降りの RMR 男子 7.1, 女子 7.0 は jogging 7.0 に相当していたし, 沼尻の報告の階段のぼり (45 m/分) の 6.5 にほぼ匹敵する. この台の昇り降りは男子 40 cm の台高を 30 回/分, 女子は 35 cm の台高を 30 回/分とかなり早いスピードでの昇り降りする動作 (運動) から, 階段のぼり 6.5 よりも高い RMR を示したものと推察される.

スクワット・スラスト (いわゆるバーピーテスト) は男子 16.6, 女子 16.3 の RMR で, この動作も 1 分間に 30 回と相当早いペースでの動作により高い RMR を示したものと考えられる. 腕立て伏臥腕屈伸は男子の RMR が 4.5, 女子が 4.8 とほぼ同じ RMR を示し, 上体おこし男子 5.1, 女子 4.5 とこの種目も余り差異は認められなかった. これらの 9 種目連続の運動は, 北陽台高校の“aerobics”同様に有酸素的運動 (aerobics) になっていることは言うまでもない.

これらの種目と同様な種目でのトレーニング効果については Gettman⁴²⁾, 田原⁴³⁾の報告がある. Gettman⁴²⁾は男子 29 人の男子 (平均年齢 31.3 歳) に 20 週間の isotonic, isokinetic なサーキット・トレーニングをさせ, $\dot{V}O_2\max.$, 除脂肪体重の増加を報告し, 田原⁴³⁾は, 中年女性に 1 年 9 ヶ月間の継続的なトレーニングをさせ, $\dot{V}O_2\max.$, 体脂肪率 (% fat) の減少, 自覚症状の訴え率の低下などを報告している. 長崎市民体育館で実施されている運動を継続的に行えば, 心肺機能 (有酸素的持久力) の向上, 筋力の向上などのトレーニング効果が十分期待できる運動強度であったと言える.

V 要 約

長崎県立北陽台高校及び長崎市民体育館で実施されている“aerobics”の運動強度を測定した. 今回使用した運動強度の指標は RMR, Ea, HR, % $\dot{V}O_2\max.$, % HR max. などであった.

北陽台高校では, 健康な男子 (16 歳) 3 名を対象として 15 分走, サーキット・トレーニング (室外, 室内) 及びサーキット・トレーニングの各 13 種目についての運動強度を測定し, 同校女子 (16 歳) 3 名について aerobic dancing について測定した.

成人男女については, 長崎市民体育館で実施されている“体力づくり” (9 種目) の種目ごとの運動強度を, 市民体育館の職員男女各 1 名を被験者として測定した.

得られた結果は次の通りであった.

1. 高校生男子の aerobics の RMR は, ウォーミング・アップ 2.8, 15 分走 8.0, 室外サーキット (13 種目の連続) 7.8, 室内サーキット 5.9 など表 2 に示す 13 種目の RMR を示した. さらに表 4 に示すような $\dot{V}O_2$ (l, ml/kg/min), HR (bpm), % $\dot{V}O_2\max.$, % HR max. などを示した.
2. 高校生女子の aerobic dancing の RMR は 5.9 であった. 酸素摂取量は 3 人を個々に示すと, 27.4 ml/kg/min, 30.5, 31.6 と個人差がみられ, HR (bpm) は 154.5, 150.9, 189.8 とこれまた個人差が大であった (表 5).
3. 長崎市民会館にて実施されている“体力づくり”の RMR は男子で表 6 に示すように, 台の昇り降り 7.1, ダンベル・ジャンプ 17.7, スクワット・スラスト 16.6, 自転車ペダリング 4.5 などであった. 女子では, 表 6 のごとく, 台の昇り降り 7.0, スクワット 11.8, スクワット・スラスト 16.3, 自転車ペダリング 10.6 などの RMR を示した.
4. RMR から各種目ごとの活動代謝 (Ea) を計算し, 表 2, 表 6 に示した.

謝 辞

本研究は、長崎県立北陽台高校及び長崎市民会館からの依頼により測定した資料を基に論文にまとめたものである。実施にあたっては被験者の協力はもとより、北陽台高校の南実夫体育主任（現県教育委員会体育保健課社会体育係長）以下同校の体育科の諸先生、さらに長崎市民体育館係長田中一雄氏（現厳原町立内院中学校教頭）の協力があつたことを付記します。

文 献

- 1) 厚生統計協会（1985）：国民衛生の動向（60年版，厚生指標——臨時増刊），39，厚生統計協会。
- 2) 鎌田 慧（1985）：健康売ります——ヘルス産業最前線からの報告——，初版，朝日新聞社，東京。
- 3) Pollock, M.L., J.H. Wilmore and S.M. Fox III (1978): Health and fitness through physical activity, John Wiley & Sons, N.Y..
- 4) 池上晴夫（1982）：運動処方——理論と実際，初版，朝倉書店，東京。
- 5) 沼尻幸吉（1970）：労働の強さと適正作業量，8版，労働科学，東京。
- 6) 沼尻幸吉（1974）：活動のエネルギー代謝，初版，労働科学，東京。
- 7) 沼尻幸吉（1975）：新労働衛生ハンドブック（三浦豊彦ら編），第2版，労働科学，東京。
- 8) 山岡誠一，井上五郎（1950）：野球試合時のエネルギー代謝，体力科学，1，30—35。
- 9) 山岡誠一（1952）：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究（第1報）——全身運動時に於けるエネルギー需要量の個人差，日本生理誌，14，327—337。
- 10) 山岡誠一（1952）：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究（第2報）——局部運動及び静的運動時のエネルギー需要量の個人差とその強度指標，日本生理誌，14，395—400。
- 11) 山岡誠一（1952）：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究（第3報）——総合的な一連のスポーツ運動時のエネルギー需要量の算定，日本生理誌，14，533—539。
- 12) 山岡誠一（1953）：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究（第4報）——エネルギー代謝よりみた諸種のスポーツ強度比較，日本生理誌，15，101—106。
- 13) 山岡誠一，沼尻幸吉（1970）：スポーツ・労働栄養学，第2版，医歯薬出版，東京。
- 14) 山岡誠一（1979）：栄養学ハンドブック（栄養学ハンドブック編集委員会編），初版，技報堂，東京。
- 15) 長嶺晋吉編著（1979）：スポーツとエネルギー・栄養，初版，大修館，東京。
- 16) 沼尻幸吉（1974）：エネルギー代謝と心拍数との関係について，労働科学，50，79—88。
- 17) Åstrand, P.O. and I. Ryhming (1954): A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work, *J. Appl. Physiol.*, 7, 218—221.
- 18) Åstrand, P.O., T.E. Guddy, B. Saltin and J. Stenberg (1964): Cardiac output during submaximal and maximal work, *J. Appl. Physiol.*, 19, 268—274.
- 19) Åstrand, P.O. and K. Rodahl (1970): Textbook of work physiology, McGraw-Hill, N.Y..
- 20) 猪飼道夫，山地啓司（1971）：心拍数からみた運動強度——運動処方の研究資料として，体育の科学，21，589—593。
- 21) 朝比奈一男，浅野勝己，草野勝彦，砂本秀義（1971）：作業強度の生理的基準について，体力科学，20，190—194。
- 22) 厚生省公衆衛生局栄養課編（1980）：昭和54年改定 日本人の栄養所要量，初版，第一出版，東京。
- 23) 猪飼道夫編著（1969）：人体生理学，初版，大修館，東京。

- 24) 浦啓二郎 (1982): エアロビックス運動による体力づくり, 第3回健康科学研究集会抄録集 (九州大学健康科学センター), 15—17.
- 25) 山口智司 (1978): サーキット・トレーニングの実際, 体育の科学, **28**, 885—890.
- 26) 青木純一郎, 形本静夫, 石河利寛, 永野良一, 永海正行 (1979): 持久力を中心とした体育授業の生理学的効果, 体育科学, **7**, 30—36.
- 27) 渡辺俊男, 只木英子, 小川庄吉 (1958): 学校ダンスのエネルギー代謝について, 体育学研究, **3**, 76—78.
- 28) 桜井佳世, 小林寛道, 桜井伸二 (1985): エアロビッ・ダンスの運動強度——軽いおもりを両手に持った場合の影響, Nagoya, J. Health Physical Fitness Sports, **8**, 77—82.
- 29) Weber, H. (1973): The energy cost of aerobic dancing, *Med. Sci. Sports*, **5**, 65—66.
- 30) Igbunugo, V and B. Gutin (1978): The energy cost of aerobic dancing, *Res. Quart*, **49**, 308—316.
- 31) Foster, C. (1975): Physiological requirements of aerobic dancing, *Res. Quart*, **46**, 120—122.
- 32) Blyth, M. and B.R. Goslin (1985): Cardiorespiratory responses to “aerobic dance”, *J. Sports Med.*, **25**, 57—64.
- 33) 飯田貴子, 平田和文, 吉中康子 (1985): 日本舞踊の運動強度, 日本体育学会第36回大会号, 296.
- 34) Léger, L.A. (1982): Energy cost of disco dancing, *Res. Quart*, **53**, 46—49.
- 35) Jette M. and H. Inglis (1975): Energy cost of square dancing, *J. Appl. Physiol*, **38**, 44—45.
- 36) 吉田敬義, 小山美子, 須田吉広 (1983): エアロビッ・ダンスの生理学的運動強度と主観的運動強度, 体力科学, **32**, 386.
- 37) Cearly, M., Moffatt, R.J. and Knutzen, K.M. (1984): The effect of two-and three-day-per-week aerobic dance programs on maximal oxygen uptake, *Res. Quart*, **55**, 172—174.
- 38) Vaccaro, P. and M. Clinton (1981): The effect of aerobic dance conditioning on the body composition and maximal oxygen uptake of college women, *J. Sports Med.*, **21**, 291—294.
- 39) Eickhoff, J., Thorland, W. and C. Ansorge (1983): Selected physiological and psychological effects of aerobic dancing among young adult women, *J. Sports Med.*, **23**, 273—280.
- 40) White, M.K., R. Yeater, R.B. Martin, B. Rosenberg, L. Sherwood, K.C. Weber and D.E. Della-Giustina (1984): Effects of aerobic dancing and walking on cardiovascular function and muscular strength in postmenopausal women, *J. Sports Med.*, **24**, 159—166.
- 41) Morehouse, L. (石井喜八, 宮下充正監訳) (1979): 運動生理学実験法, 初版, 杏林書院, 東京.
- 42) Gettman, L.R., L.A. Culton and T.A. Strathman (1980): Physiological changes after 20 weeks of isotonic vs isokinetic circuit training, *J. Sports Med.*, **20**, 265—274.
- 43) 田原靖昭, 神 文雄, 菅原正志, 今中国泰, 山内正毅, 田井村明博, 高原順子, 小原達朗, 栗山史朗 (1982): 長崎県民の健康・スポーツに関する調査研究——身体活動が中高年女子の有酸素的作業能, 体格, 体組成及び自覚症状等に及ぼす影響, 長崎大学教養部紀要 (自然科学篇), **22**, 247—270.